



Ing. W. Stoppok, Glashütte

Freie Hemmungen

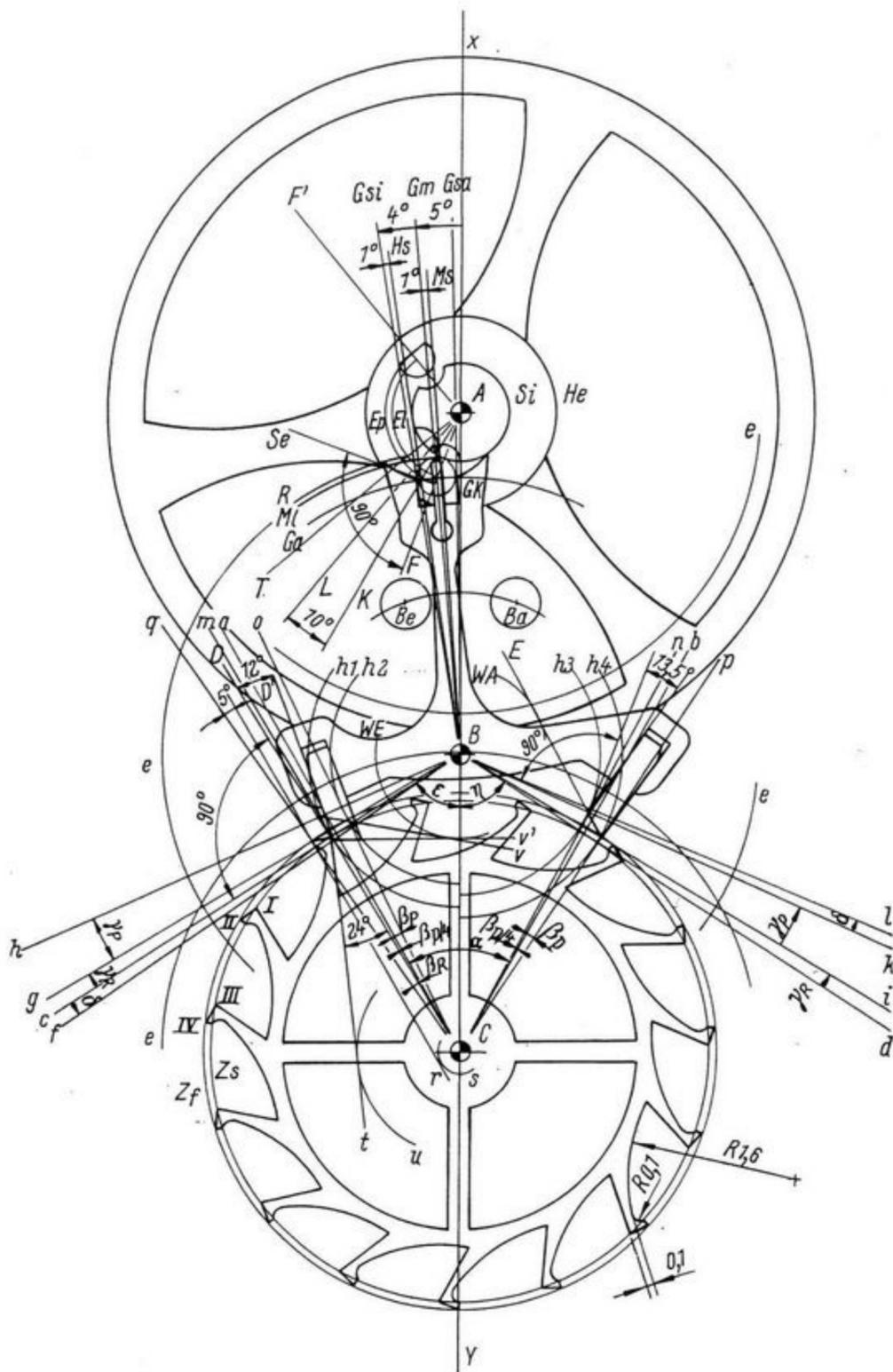
– Die Palettenankerhemmung – (Teil 2)

5. Konstruktion einer Palettenankerhemmung

5.1. Aufgabenstellung

Es ist eine halbungleicharmige Palettenankerhemmung eingangs auf Ruhe mit Gabeleingriff zu konstruieren.

Bild 6
Konstruktion einer halbungleicharmigen Palettenankerhemmung mit Gabeleingriff, eingangs auf Ruhe



5.2. Gegeben:

Achsabstand Unruh – Anker (A–B)	3,27 mm
Achsabstand Anker – Ankerrad (B–C)	2,85 mm
Ankeruhr	15 Zähne

Ankeröffnungswinkel	$\alpha = 2\frac{1}{2} t$
Ankerdrehpunkt B liegt $2\frac{1}{2}^\circ$ außer Tangente	
Führungswinkel an der Palette	$\beta_P = 5^\circ$
Führungswinkel am Ankerrad	$\beta_R = 4\frac{1}{2}^\circ$
Hebungswinkel an der Palette	$\gamma_P = 6\frac{1}{2}^\circ$
Hebungswinkel am Ankerrad	$\gamma_R = 2^\circ$
Ruhewinkel	$\delta = 1\frac{1}{2}^\circ$
Zugwinkel eingangs	12°
Zugwinkel ausgangs	$13\frac{1}{2}^\circ$
Zahnunterschnitt	24°

Neigung der Zahnferse zum Ankerradhalbmesser	5°
Zahngrunddurchmesser	3,78 mm
Radinnendurchmesser	3,4 mm
Schenkelbreite	0,2 mm

Abstand des Unruhdrehpunktes A – Ellipsenmitte El	0,67 mm
Das Verhältnis der Hebellängen vom Unruhdrehpunkt A bis zur Ellipsenmitte El zum Ankerdrehpunkt B bis Ellipsenmitte El soll bei Stellung eingangs auf Ruhe	$\frac{A El}{B El} = \frac{1}{3,95}$
1:3,95 betragen Gabelschnittbreite	8°

Spiel der Ellipse im Gabelschnitt	max. 0,02 mm
Durchmesser der Hebelscheibe	1,84 mm
Durchmesser der Sicherheitscheibe	0,92 mm
Halbmesser der Ausbuchtung in der Sicherheitscheibe	0,2 mm
Außendurchmesser der Unruh	6,8 mm
Innendurchmesser der Unruh	6,1 mm
Schenkelbreite der Unruh	0,4 mm
Schenkelhalbmesser	3 mm
Ankerbegrenzungsstifte auf Halbmesser um B	$R = 1,514 mm$
Maßstab	M 20:1

5.3. Zeichnungsformat und Blatteinteilung

Zeichnungsformat A4 (210 mm × 297 mm), Hochformat auf der halben Blattbreite 110 mm von oben Punkt A antragen. Danach auf der errichteten Mittelsenkrechten x - y die Achs-Achsenabstände $\overline{AB} = 3,27$ mm und $\overline{BC} = 2,85$ mm auftragen.

5.4. Konstruktion des Eingriffes Anker - Ankerrad

5.4.1. Gemäß Blatteinteilung Mittelsenkrechte x - y errichten und Abstände \overline{AB} sowie \overline{BC} im Maßstab M 20:1 abtragen.

5.4.2. Ankeröffnungswinkel $\alpha/2$ symmetrisch zu x - y ergibt die Strahlen a und b.

5.4.3. In Ankerdrehpunkt B als Scheitelpunkt der Winkel ϵ und η symmetrisch zu x - y den Winkel $57\frac{1}{2}^\circ$ abgetragen, ergibt die Strahlen C und d.

5.4.4. Mit dem Halbmesser R 57,3 wird um A, B und C ein Hilfskreis e geschlagen.

(Aus der Beziehung $\frac{b}{R} = \frac{\pi \cdot \alpha^\circ}{180^\circ}$ kann für $R = 57,3$ mm errechnet werden, daß die über dem Winkel α° stehende Bogenlänge b dem Betrag nach dem eingesetzten Winkelwert entspricht. Das wird für das Abtragen kleiner Winkel bis $\alpha \approx 10^\circ$ genutzt. Für einen Winkel $\alpha = 10^\circ$ z. B. wird in den Stechzirkel ein Abstand von 10 mm aufgenommen, der auf dem Hilfskreis e abgestochen wird. Nach dieser Verfahrensweise ergibt sich für den Winkel $\alpha = 10^\circ$ noch eine relative Genauigkeit von $\approx 99,9\%$.)

5.4.5. Ausgehend von Strahl C werden auf dem Hilfskreis e nach unten der Ruhewinkel $\delta = 1,5^\circ$, Strahl f, und nach oben der Hebungswinkel des Radzahnes $\gamma_R = 2^\circ$, Strahl g, abgetragen.

5.4.6. Bezogen auf Strahl g wird der Winkel $\gamma_P = 6,5^\circ$, Strahl h, auf e nach oben abgetragen.

5.4.7. Ausgehend von Strahl d wird auf e $\gamma_R = 2^\circ$, Strahl i, abgetragen.

5.4.8. Ausgehend von Strahl i wird auf e $\gamma_P = 6,5^\circ$, Strahl k, abgetragen.

5.4.9. Ausgehend von Strahl k wird auf e $\delta = 1,5^\circ$, Strahl l, abgetragen.

5.4.10. Bei halbungleicharmigem Anker wird ausgehend von den Strahlen a und b auf e der Winkel $\beta_P/4$ nach links abgetragen, Strahlen m und n.

5.4.11. Der Palettenführungswinkel β_P wird von den Strahlen m und n nach rechts abgetragen, Strahlen o und p.

5.4.12. Der Radführungswinkel β_R wird von Strahl m aus auf e nach links abgetragen, Strahl q.

5.4.13. Der Schnittpunkt von c und m ergibt die Zahnspitze (Zahnspitzenkreishalbmesser R 2,404), durch die der Zahnspitzenkreis um C gezogen wird.

5.4.14. Der Schnittpunkt von q und g ergibt die Zahnferse, durch die um C der Zahnfersenkreis gezogen wird.

5.4.15. Auf dem Durchmesser des Zahnspitzenkreises von m ausgehend so teilen, daß 15 Zahnspitzen entstehen.

5.4.16. Schnittpunkte g q und m c durch eine Gerade verbunden, ergibt die Hebefläche am Radzahn. Diese Länge wird in den Stechzirkel genommen und jeweils von den Zahnspitzen auf den Zahnfersenkreis übertragen, Punkte I + II, III + IV usw. und anschließend miteinander verbunden.

5.4.17. Im Schnittpunkt g - q von q ausgehend Winkel 5° nach rechts abtragen, Strahl r, und etwa bis zum Ankerraddrehpunkt verlängern.

5.4.18. Am Strahl r von C Hilfskreis s tangieren lassen, der die Konstruktion der übrigen Zähne vereinfacht.

5.4.19. Vom Zahnfersenkreis ausgehend auf Strahl r 0,05 mm als Zahnfersenlänge abtragen und rückwärtigen Zahn mit den angegebenen Maßen konstruieren.

5.4.20. Von der Zahnspitze im Schnittpunkt c m zu m den Zahnunterschnitt Winkel 24° antragen und von der Zahnspitze zur Radmitte verlängern, Strahl t.

5.4.21. Hilfskreis u für weitere Zahnkonstruktionen an Strahl t tangieren lassen. Zahnbrust von Zahnspitze bis Zahngrund ausziehen.

5.4.22. Um Punkt B wird durch Schnittpunkt

Zs - m der Hebekreis h_1 ,

Zs - o der Hebekreis h_2 ,

Zs - n der Hebekreis h_3 ,

Zs - p der Hebekreis h_4

gefunden.

5.4.23. Die Schnittpunkte h - h_1 und Zf - h_2 ergeben die Lage der Hebefläche an der Eingangspalette, konstruiert in der Abfallstellung.

5.4.24. An der Verlängerung v der Hebefläche tangiert um B der Kreis WE.

5.4.25. Entsprechend der Aufgabenstellung - Hemmung eingangs auf Ruhe - wird die Gerade v am Kreis WE in die Lage v' gedreht, so daß sie durch den Schnittpunkt f - h_1 läuft.

5.4.26. Die endgültige Lage der Hebefläche an der Eingangspalette wird durch die Schnittpunkte f - h_1 und v' - h_2 bestimmt.

5.4.27. Im Schnittpunkt c - m wird auf c der rechte Winkel errichtet, von dessen Strahl D der Zugwinkel 12° in Pfeilrichtung angetragen wird, D'.

5.4.28. Die Parallelverschiebung zum Strahl D' ergibt durch Schnittpunkt f - h_1 die exakte Lage der Ruhekante.

5.4.29. Parallel zur Ruhekante wird durch den Schnittpunkt v' - h_2 die Palettenbreite konstruktiv festgelegt (Länge eingangs 0,95 mm, Breite 0,25 mm).

5.4.30. Der Schnittpunkt Zf - h_4 ergibt die Abfallkante an der Ausgangspalette, k - h_3 ergibt die Ruhekante an der Ausgangspalette.

5.4.31. Die Gerade E durch vorgenannte Schnittpunkte ergibt die Hebefläche an der Ausgangspalette in der endgültigen Lage. Ihre Verlängerung tangiert an dem Kreis WA.

5.4.32. Im Schnittpunkt l - n wird auf l die Senkrechte errichtet (Winkel 90°), von der der Zugwinkel ausgangs mit $13,5^\circ$ in Pfeilrichtung abgetragen wird.

5.4.33. Die Parallelverschiebung dazu durch den Schnittpunkt k - h_3 ergibt die Lage der Ruhefläche.

5.4.34. Zur Ruhefläche parallel durch den Schnittpunkt p - h_4 erhält man die Palettenbreite (Länge ausgangs 1,05 mm, Breite 0,25 mm).

5.5. Konstruktion des Gabeleingriffes

5.5.1. Von der Mittelsenkrechten $x - y$ auf dem Hilfskreis 5° nach links abtragen, Gabelmitte Gm.

5.5.2. Aus dem Verhältnis $\frac{\overline{A El}}{\overline{B El}} = \frac{1}{3,95}$ errechnet man mit

$\overline{A El} = 0,67 \text{ mm}$ für $\overline{B El} \approx 2,65 \text{ mm}$. Mit dem Halbmesser $2,65 \text{ mm}$ um B erhält man Ga.

5.5.3. Von der Gabelmitte Gm auf dem Hilfskreis e nach links und rechts für die Breite des Gabelschnittes den Winkel 4° antragen, Strahl Gsi und Gsa.

5.5.4. Schnittpunkte Gsi + Ga bzw. Gsa + Ga ergeben die Gabelschnittkanten GK.

5.5.5. Das Hörnerspiel ist kleiner als Ruhe + Nachfall. Als Annahme gilt 1° . Von Gsi wird auf dem Hilfskreis e der Winkel 1° abgetragen, Strahl Hs.

5.5.6. Durch den Schnittpunkt Ga - Hs wird auf dem Strahl F, der durch die Ellipsenmitte läuft, die Senkrechte Se errichtet.

5.5.7. Das Spiel der Ellipse im Schnitt soll max. $0,02$ betragen. Nach Rechnung ist der Gabelschnitt $0,37 \text{ mm}$ breit. Folglich ist die Ellipsenbreite $0,35 \text{ mm}$ vorzusehen. Um sie abzutragen, wird im Schnittpunkt Ga - Gm mit $R 0,175$ die volle Ellipse gezeichnet.

5.5.8. Der Schnittpunkt Se - F ergibt die Ellipsenhöhe.

5.5.9. Das praktisch angewandte Profil der Ellipse ist auf dem Strahl F' dargestellt, der die Winkelhalbierende zu den Unruhschenkelschnitten ist. Die Hebelscheibe He erhält zur Befestigung der Ellipse den Durchmesser $1,84 \text{ mm}$.

5.5.10. Das Spiel des Sicherheitsstiftes ist maximal gleich dem Hörnerspiel. Aus praktischen Erwägungen heraus ist es jedoch selten kleiner als 1° . Auf dem Hilfskreis e wird ausgehend von der Gabelmitte Gm der Winkel 1° angetragen, Strahl Ms.

5.5.11. Die Sicherheitsscheibe Si wird mit dem halben Durchmesser der Hebelscheibe ausgeführt, der Durchmesser ist $0,92 \text{ mm}$.

5.5.12. Durch den Schnittpunkt Si - Ms wird um B ein Kreisbogen Ml geschlagen. Der Schnittpunkt Ml - Gm ergibt die Länge des Sicherheitsstiftes, dessen dachartige Spitze einen rechten Winkel einschließt.

5.5.13. Durch den Schnittpunkt Ms - Si wird von A aus der Strahl K bis zum Hilfskreis e gezogen.

5.5.14. Auf dem Hilfskreis e wird von K ausgehend der Winkel 10° angetragen, Strahl L.

5.5.15. Der Schnittpunkt L - Si begrenzt die Breite der Ausbuchtung in der Sicherheitsscheibe. Von diesem Schnittpunkt wird der Halbmesser $R 0,2$ auf F abgetragen, wodurch der Mittelpunkt der Ausbuchtung vorliegt. (Der Praxis entsprechend erhält die Ausbuchtung eine Form, wie sie auf F' zu erkennen ist. Durch die größere Breite der Ausbuchtung ist die Funktion weniger toleranzempfindlich.)

5.5.16. Die ausreichende Länge der Gabelhörner ergibt sich wie folgt: Die halbe Breite der Ausbuchtung der Sicherheitsscheibe wird vom Schnittpunkt Si - K ausgehend auf Si ab-

getragen, Strahl T. Der Kreis R um B durch den Schnittpunkt T - El ergibt ein Maß für die minimale Länge der Gabelhörner.

5.5.17. Die Innenwölbung der Gabelhörner wird unterschiedlich ermittelt. Für vorliegende Aufgabe wird im Schnittpunkt Ga - Si bzw. Ga - Gsa der Abstand A - El auf Gm übertragen; der so erhaltene Schnittpunkt ist Mittelpunkt der Hörnerwölbung.

5.5.18. Die Lage der Ankerbegrenzung ist standardisiert. Hierfür liegen die Mittelpunkte der Ankerbegrenzungsstifte auf einem Halbmesser $R 1,514$ um B, deren rechtwinkliger Abstand von der Geraden $x - y$ gleich $0,532 \text{ mm}$ beträgt. Gabelform und Durchmesser des Begrenzungsstiftes werden so gewählt, daß für den Nachfall ein Abstand von $\approx 0,02 \text{ mm}$ verbleibt.

5.5.19. Die Konstruktion der Ankerform kann in Anlehnung an die vorliegende Zeichnung oder nach eigenen Vorstellungen erfolgen.

6. Die Bezeichnung der Teile

Gerade durch die Tradition der Uhrmacherei, die in vielen Ländern eine angesehene Zunft war, haben sich spezielle Fachausdrücke bis in unsere Zeit gehalten. Nicht immer ist jedoch die Bezeichnung eindeutig, so daß Verwechslungen oder Mißverständnisse nicht ausgeschlossen sind. Durch in der DDR verbindliche Fachbereichstandards sind nach TGL 36-6 Blatt 1 für Palettenankerhemmungen die Lochpositionen und die Ankerbegrenzung im Werkgestell und nach TGL 36-6 Blatt 2 die Einbaumaße standardisiert. Die Benennung der Einzelteile von Kleinuhren hat nach TGL 36-68 zu erfolgen. Mit dem letztgenannten Standard sind Anfänge gemacht, die Verständigung auf diesem Gebiet auf ein einheitliches Niveau zu bringen. Da die darin enthaltenen Bezeichnungen für die vorliegende Abhandlung nicht ausreichend sind, wurden die darüber hinaus vorkommenden Bezeichnungen dem Sprachumgang der Industrie entnommen (Bild 7).

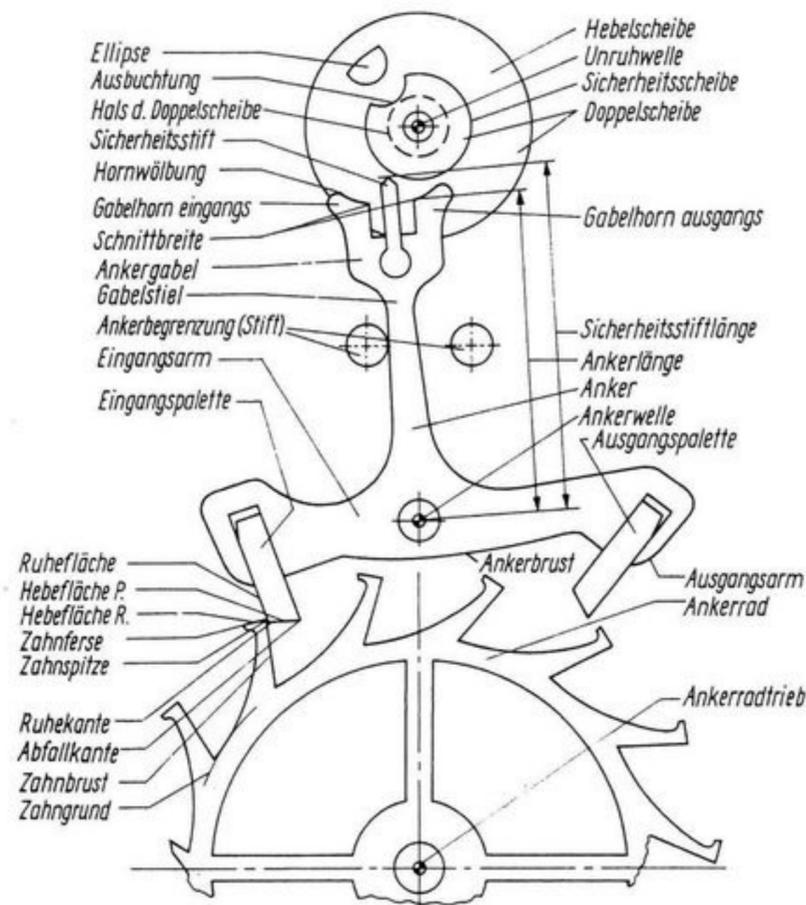


Bild 7. Benennung der Hemmungsteile und der Funktionsstellen

7. Die Funktion der Hemmung

Je nach dem Drehsinn des Ankerrades unterscheidet man rechte oder linke Ankerhemmungen. Von diesen Ausführungsformen ist die Bezeichnung der Ankerarme abhängig. Der „Eingangsbarm“ ist dort, wo das Ankerrad beginnt, den Ankeröffnungswinkel zu durchlaufen, während dort, wo das Ankerrad aus dem Wirkungsbereich des Ankers austritt, die Bezeichnung „Ausgangsbarm“ gilt. Bei richtig eingerichteten Anker richtet bei abgelaufenem Uhrwerk der Regler den geraden Anker in der Mittellage aus, die die gedachte Gerade von Ankerradlager – Ankerlager – Unruhlager darstellt.

7.1. Die Hebung

In der Mittelstellung des Ankers, das Uhrwerk steht, trifft nun bei Betätigung des Aufzugs die Zahnschnecke des angetriebenen Ankerrades auf der Hebefläche der Palette auf. Unter dem Einfluß dieses Antriebs gleitet die Zahnschnecke auf der Palettenhebefläche, wodurch der Anker aus der Mittellage ausgelenkt wird. Nachdem die Zahnschnecke die Palettenhebefläche durchlaufen hat, wird der Anker durch die Hebefläche des Zahnes weiter gehoben. Mit der Hebung des Ankers gerät aber auch die Ankergabel mit der im Gabelschnitt liegenden Ellipse aus der Mittellage und wird bis zum Ende der Hebung geführt.

7.2. Der Fall

Im Moment des Abfallens der Zahnferse von der Palettenabfallkante bis zum Auftreffen eines Zahnes an der anderen Palette entsteht zwischen Palettenabfallkante und Zahnferse ein Abstand, der mit Fall bezeichnet wird. Je nach Lage, ob am Eingangs- oder Ausgangsbarm, wird vom inneren oder äußeren Fall gesprochen.

7.3. Die Ruhe

Das Palettenstück, das nach dem Auffallen des Zahnes auf der Palette zwischen Zahnschnecke und Ruhekante zu erkennen ist (Bild 7), wird in seiner Größe „Ruhe“ genannt. Als Betrag für die Ruhe können je nach der Werkgröße 0,03 mm bis 0,06 mm als richtig angesehen werden. Die Ruhe mit dem in Funktion tretenden Zugwinkel verhindert ein sofortiges erneutes Heben des Ankers und somit seine Bewegungsumkehr, wodurch der Regler den Ergänzungsbogen frei schwingen kann.

7.4. Der Nachfall

Nach dem Auftreffen des Ankerradzahnes auf der Palette ist die Bewegung des Ankers noch nicht abgeschlossen. Die Bewegung des Ankers vom Fallen auf Ruhe bis zur Ankerablage an der Ankerbegrenzung wird Nachfall genannt. Das Nachfallen des Ankers kann auch als weitere Verschiebung der Palette zur Zahnschnecke wahrgenommen werden. Mit dem Nachfallen auf der einen Seite, findet auf der anderen Seite ein zusätzliches Entfernen der Palette vom Zahnfersekreis halbmesser statt. Der Nachfall ist notwendig, damit das Abfallen des Zahnes von der Palette auch bei geringen Rundlauf Fehlern des Ankerrades stets gewährleistet ist. Da seine Größe den Auslösewiderstand für den Regler vergrößert, ist er vertretbar knapp zu halten.

7.5. Der Ergänzungsbogen

Nach erhaltenem Impuls (Antrieb) und erfolgter Ankerablage an der dafür vorgesehenen Begrenzung schwingt der Regler bis zum Umkehrpunkt und bis zur Phase der erneuten Auslösung seinen Ergänzungsbogen vollständig frei. Während dieser Zeit steht der Regler mit keinem Teil der Hemmung in funktioneller Verbindung, wodurch ein gutes Isochronismungsverhalten gerade mit den „Freien Hemmungen“ erreicht wird.

7.6. Die Auslösung

Der Regler tritt mit der Ellipse beim Rückschwingen in den Gabelschnitt der Ankergabel ein, hebt den Anker um den Betrag des Nachfalls und der Ruhe von der Ankerbegrenzung ab, wodurch die Phase der Auslösung bei gut eingerichteten Hemmungen beachtlich vor der Mittellinie (Nulllinie) abgeschlossen wird.

7.7. Der Impuls (Antrieb)

Der Phase der Auslösung schließt sich die Impulsgabe bzw. der Antrieb des Reglers an. Der auf die Palettenhebefläche gelangte Ankerradzahn bewirkt durch sein Drehmoment die plötzliche Hebung des Ankers, der der im Gabelschnitt befindlichen Ellipse diesen Impuls mitteilt, wodurch die Energie für die Aufrechterhaltung der Reglerschwingung ergänzt wird.

US 0716

(Wird fortgesetzt)